

## BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

### 2.1 Kajian Pustaka

Penelitian dengan model FTS telah dilakukan oleh (I-Hong Kuo dan Shi-Jinn Horng, 2007). Dalam penelitian, metode *fuzzy time series* digunakan untuk teknik peramalan pada nilai saham dalam hal ini studi kasus yang dilakukan pada *Shanghai Compound Index*. Dari hasil penelitian tersebut, hasil nilai MSE average time based sebesar 292.3224 dan weighted model sebesar 436.227.

Penelitian selanjutnya adalah berjudul *Ratio-Based Lengths of Intervals to improve Fuzzy Time Series Forecasting* yang dilakukan oleh Kunhuang Huarng dan Tiffany Hui-Kuang Yu. Dalam hal ini, peneliti melakukan teknik peramalan dan melakukan studi kasus pada data finansial. Dari hasil penelitian tersebut, menghasilkan nilai RMSE sebesar 15.1, 17.4, dan 18.8.

Selanjutnya adalah penelitian yang berjudul *Penerapan metode Average-based Fuzzy Time Series untuk prediksi konsumsi energi listrik Indonesia* yang dilakukan oleh Yulian Ekananta. Penelitian menggunakan metode *Average Based Fuzzy Time Series* yang menggunakan teknik peramalan (prediksi). Dari hasil penelitian tersebut, memberikan hasil nilai AFER yaitu sebesar 9.24 dan MAPE sebesar 14,27 %.

Penelitian selanjutnya adalah penelitian yang berjudul *Peramalan data IHSG menggunakan Fuzzy Time Series* yang dilakukan oleh Seng Hansun. Penelitian menggunakan metode *Fuzzy Time Series* yang berdasarkan studi kasus data IHSG. Dari hasil penelitian tersebut, diberikan nilai MSE sebesar 5.404564 dan MAPE sebesar 0.04777038.

Penelitian terakhir adalah penelitian yang berjudul *A Hybrid Fuzzy Time Series model based on granular computing for stock price forecasting* yang dilakukan oleh Mu-Yen Chen dan Bo-Tsuen Chen yang melakukan studi kasus pada peramalan nilai saham. Dengan menggunakan metode *Hybrid Fuzzy Time Series*, hasil penelitian tersebut memberikan nilai RMSE sebesar 87.7, Standar Deviasi (SD) sebesar 28.0 pada eksperimen pertama, eksperimen kedua sebesar 80.5, dan terakhir eksperimen ketiga sebesar 19.2.

Ringkasan kajian pustaka penelitian tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

**Tabel 2.1 Kajian Pustaka**

No.	Judul	Objek	Penulis dan Tahun	Metode	Hasil
1.	<i>Average Time based Fuzzy Time Series models for forecasting Shanghai Compound index</i>	Peramalan nilai saham	Sun Xihao dan Li Yimin (2007)	Average Time Based Fuzzy Time series	Memberikan nilai tingkat keakurasian MSE average time-based dan weighted model sebesar 292.3224 dan 436.227
2.	<i>A hybrid fuzzy time series model based on granular computing for stock price forecasting</i>	Peramalan nilai saham	Mu-Yen Chen dan Bo-Tsuen Chen (2015)	<i>Hybrid Fuzzy Time Series</i>	Memberikan hasil akurasi RMSE sebesar 87.7 dan standar Deviasi (SD) 28.0 dan eksperimen kedua akurasi sebesar 80.5 dan standar devias (SD) sebesar 19.2 dan eksperimen ketiga berdasarkan tabel
3.	<i>Penerapan Metode Average-Based Fuzzy Time Series Untuk Prediksi Konsumsi Energi Listrik Indonesia</i>	Konsumsi energy Listrik indonesia	Yulian Ekananta, Lailil Muflikhah, dan Candra Dewi (2017)	<i>Average-Based Fuzzy Time Series</i>	Memberikan nilai akurasi AFER sebesar 9.24 dan MAPE sebesar 14,27 %
4.	<i>Peramalan Data IHSG Menggunakan Fuzzy Time Series</i>	Data IHSG	Seng Hansun (2012)	<i>Fuzzy Time Series</i>	Memberikan nilai Mean Square Error (MSE) dan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sebesar 5.404564 dan 0.04777038

No.	Judul	Objek	Penulis dan Tahun	Metode	Hasil
5.	<i>Ratio-based Lengths of intervals to improve Fuzzy Time Series Forecasting</i>	Proses data finansial	Kunhuang Huarng dan Tiffany Hui-Kuang Yu (2006)	<i>Ratio-based Length interval Fuzzy Time Series</i>	Memberikan nilai Real Mean Square Error (RMSE) sebesar 15.1, 17.4, dan 18.8

## 2.2 Inflasi

Inflasi merupakan kecenderungan naiknya nilai barang dan jasa yang umumnya berlangsung terus menerus. Jika inflasi meningkat, maka harga jual barang dan jasa mengalami peningkatan. Sehingga menyebabkan penurunan nilai mata uang terhadap pembelian barang dan jasa (Bank Indonesia, 2017).

Indikator umum digunakan mengukur tingkat inflasi yaitu Indeks Harga Konsumen (IHK). Perubahan IHK dari rentang waktu ke waktu tertentu menunjukkan pergerakan harga barang dan jasa yang dikonsumsi oleh masyarakat. Penentuan IHK pada barang dan jasa berdasarkan atas Survei Biaya Hidup (SBH) dilakukan Badan Pusat Statistik (BPS). Kemudian, BPS mengawasi perkembangan harga barang dan jasa tersebut dalam bulan di beberapa kota, pasar tradisional dan modern untuk beberapa jenis barang/jasa di setiap kota. Satuan data yang digunakan dalam menentukan nilai inflasi adalah indeks

Indikator inflasi menurut *international best practice* antara lain:

1. Indeks Harga Perdagangan Besar (IHPB) merupakan harga perdagangan utama suatu komoditas terhadap harga transaksi penjual/pedagang pertama dengan pedagang/penjual besar selanjutnya dengan jumlah besar pada pasar pertama atau komoditas.
2. Deflator Produk Domestik Bruto (PDB) yang merupakan tolak ukur level harga barang akhir (final goods) maupun jasa yang diproduksi suatu ekonomi (Negara). Deflator PDB dihasilkan berdasarkan pembagian PDB menurut harga nominal dengan PDB merujuk dasar harga konstan.

Berdasarkan *the Classification of individual consumption by purpose* (COICOP), Inflasi di Indonesia dikelompokkan dan dikategorika berdasarkan IHK, yaitu:

1. Kelompok Bahan Makanan
2. Kelompok Makanan Jadi, Minuman, dan Tembakau

3. Kelompok Perumahan
4. Kelompok Sandang
5. Kelompok Kesehatan
6. Kelompok Pendidikan dan Olahraga
7. Kelompok Transportasi dan Komunikasi

### 2.3 Peramalan/Prediksi

Peramalan/prediksi adalah suatu aktifitas atau kegiatan yang dilakukan dengan tujuan memprediksi peristiwa yang terjadi di masa mendatang yang akan berhubungan dengan objek tertentu menggunakan pengalaman, data masa lampau maupun pertimbangan. Terdapat beberapa jenis istilah/nama yang merupakan definisi prediksi (Sinaga, 2011).

- a. Peristiwa

Peristiwa adalah suatu kejadian objek yang merupakan hasil dari suatu kegiatan maupun proses, misalnya turun/naik, baik/buruk, maupun mendarat dan lainnya.

- b. Data masa yang akan datang

Data masa yang akan datang adalah suatu prediksi kejadian yang akan datang

- c. Pertimbangan data masa lampau

Pertimbangan dari data masa lampau adalah suatu variabel yang berfungsi dalam melakukan prediksi.

Teknik peramalan dibagi dalam 2 jenis yaitu teknik peramalan kualitatif dan kuantitatif yang dijelaskan berikut :

- a. Peramalan kualitatif

Merupakan peramalan menurut pendapat pihak tertentu dan data tidak direpresentasikan secara konkrit menjadi suatu nilai maupun angka. Hasil prediksi dibuat berdasarkan pada orang yang membuatnya dan ditentukan berdasarkan teori yang intuisi, pengalaman dan pendapat serta pengetahuannya penyusunannya.

- b. Peramalan Kuantitatif

Peramalan kuantitatif merupakan peramalan yang berdasarkan data pada masa lampau yang diproses dalam tipe data angka yang umumnya disebut dengan *time series*.

## **2.4 Logika fuzzy**

Logika Fuzzy adalah teknik mengolah data untuk menghitung ketidakpastian yang diciptakan oleh Profesor Lotfi A.Zadeh pada tahun 1965. Teori tersebut membahas tentang ide algoritme *fuzzy logic* melalui jurnal. Dalam *jurnal* tersebut, variable-variabel yang akan digunakan harus sesuai dalam memrepresentasikan *fuzzy*, sementara di pihak lain persamaan-persamaan tersebut dihasilkan dari hasil variabel-variabel harus cukup sederhana supaya perhitungan komputasi menjadi cukup mudah. Oleh sebab itu Profesor Zadeh mencetuskan suatu konsep dalam menyajikannya dengan menentukan dan memberikan fungsi-fungsi keanggotaan (*membership function*) untuk masing-masing variabel (Zadeh, 1965).

### **2.4.1 Konsep dasar logika fuzzy**

Fuzzy merupakan kata yang direpresentasikan yang berarti kabur atau samar. Logika fuzzy merupakan metode dengan mempresentasikan variabel yang memiliki sifat fuzzy (samar) berbasis aturan. Pada system *fuzzy* dengan basis aturan yang mempunyai nilai variabel linguistic. Variabel linguistic merupakan nilai interval numeric yang mempunyai nilai linguistic, dijelaskan sebagai fungsi keanggotaan. Logika fuzzy memiliki nilai keanggotaan yaitu antara 0 dan 1, tingkat warna hitam dan putih dan juga keabuan, terakhir dengan bentuk linguistic, nilai tidak pasti contohnya "lumayan," "sedikit", dan "sangat" (Zadeh, 1965). Dan logika fuzzy memiliki nilai yang berbeda dengan dengan himpunan yang tegas (crisp) dan memiliki nilai 0 atau 1 (tidak atau ya).

Logika fuzzy merupakan definisi sebagian benar atau sebagian salah. Hal ini bergantung seberapa nilai kesalahannya, yang ditampilkan dengan berat keanggotaan yang ada. Logika fuzzy adalah proses yang mengarahkan input menuju output, dan mempunyai nilai kontinuitas. Nilai kontinuitas ini dijelaskan sebagai nilai fungsi keanggotaan yang memiliki derajat nilai benar. Secara umum, logika fuzzy mempunyai 3 tahap, yaitu:

1. Basis aturan, adalah aturan mengambil keputusan. Yang direpresentasikan dengan bentuk "IF...Then" dalam relasi fuzzy.
2. Fuzzifikasi, adalah mengubah variabel non fuzzy (variabel numerik) menjadi variabel fuzzy (variabel linguistik). Nilai input tersebut dibentuk variabel non fuzzy mengubah ke dalam bentuk nilai variabel fuzzy. Dengan fungsi keanggotaan ini, nilai crisp input akan mengubah informasi digunakan untuk proses mengolah data.
3. Defuzzifikasi, adalah perubahan nilai output menjadi nilai akhir crisp dengan melakukan proses menghitung derajat keanggotaan melalui proses memberi nilai output fuzzy (inferensi).

## 2.4.2 Himpunan fuzzy

Himpunan *fuzzy* adalah logika fuzzy terdiri deretan nilai rentang. Nilai tersebut mempunyai derajat anggota antara nilai 0 hingga 1. Dalam hal ini, didefinisikan sebagai logika Boolean yang menjelaskan nilai “*true*” atau “*false*”. Dan fuzzy mendefinisikan sebagai ungkapan, seperti: “sangat tinggi”, “tinggi”, “sedang”, “agak rendah”, “rendah”, “sangat rendah” yang didefinisikan kategori kelas pada setiap variabel. Himpunan fuzzy A didefenisikan dan dijelaskan, misalnya jika ada himpunan semesta  $X$  dijelaskan pada fungsi matematis Persamaan 2.1.

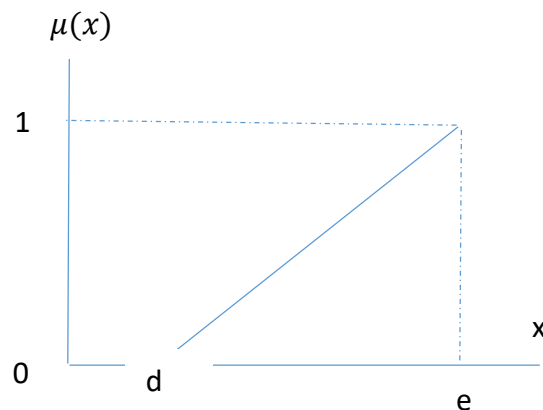
$$\mu(x) = \begin{cases} 1, & x \in X \\ 0, & x \notin X \end{cases} \quad (2.1)$$

Dimana  $x$  merupakan anggota himpunan  $X$  dengan nilai  $\mu(x)$  antara  $[0, 1]$  didefinisikan sebagai derajat anggota setiap fungsi anggota (Zadeh, 1965). Setiap himpunan fuzzy terdiri dari operasi aljabar contohnya himpunan crisp. Operator terdiri dari operator AND, operator NOT melakukan irisan, terakhir operator OR melakukan pengabungan. Selain itu, terdapat operator yang dipakai untuk melakukan persamaan, terakhir operator komplemen.

## 2.4.3 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan merupakan fungsi pemetaan titik input bertujuan ke nilai derajat keanggotaanya berdasarkan interval 0 hingga 1. Fungsi keanggotaan mempunyai fungsi penting dengan menampilkan permasalahan untuk mendapatkan hasil akurat. Fungsi keanggotaan terdiri dari numeric dan fungsional. Numeric merupakan fungsi keanggotaan dengan bentuk persamaan matematika yang memberi derajat keanggotaan pada setiap elemen semesta pembicara memerlukan suatu proses matematis (suratno, 2011). Fungsi keanggotaan bersifat fungsional dapat direpresentasikan dengan kurva ataupun grafik yang memiliki nilai antara  $[0,1]$ . Proses menghitung nilai derajat keanggotaan, dengan melakukan fungsi ditunjukan oleh Gambar 2.2 - Gambar 2.4.

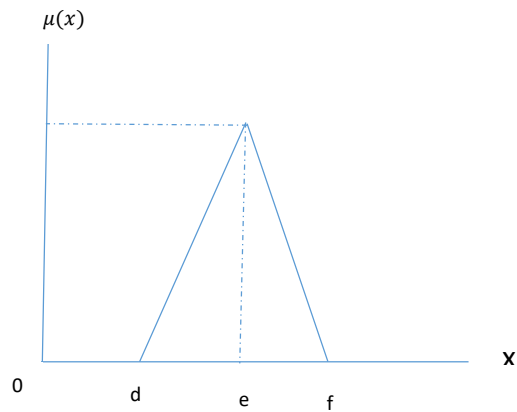
### 1. Fungsi keanggotaan linier



**Gambar 2.1 Grafik fungsi Linier**

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq d \\ \frac{x-d}{e-d}, & d \leq x \leq e \\ 1, & x \geq e \end{cases} \quad (2.2)$$

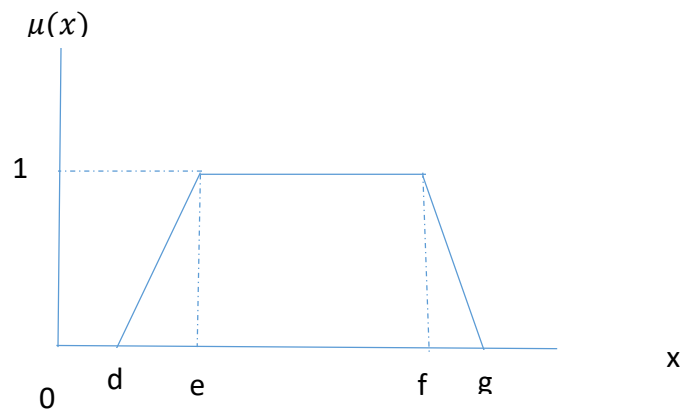
2. Fungsi keanggotaan segitiga



**Gambar 2.2 Grafik fungsi Segitiga**

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq d \mid x \geq f \\ \frac{x-d}{e-d}, & d \leq x \leq e \\ \frac{f-x}{f-e}, & e \leq x \leq f \end{cases} \quad (2.3)$$

3. Fungsi keanggotaan trapesium



**Gambar 2.3 Grafik fungsi Trapezium**

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq d \text{ or } x \geq g \\ \frac{x-d}{e-d}, & d \leq x \leq e \\ 1, & e \leq x \leq f \\ \frac{g-x}{g-f}, & x \geq g \end{cases} \quad (2.4)$$

Sumber: Munir, 2012

## 2.5 Penentuan Interval

Proses penentuan panjang interval, penting untuk dilakukan pada tahap awal perhitungan. Hal ini disebabkan panjang interval berpengaruh dalam membentuk *Fuzzy Logical Relationship*. FLR mempengaruhi dalam perbedaan hasil ramalan. Oleh karena itu untuk mengidentifikasi panjang interval harus tepat, tidak boleh terlalu kecil maupun tidak boleh terlalu besar. Jika panjang interval terlalu kecil maka nilai FTS akan berkurang, dan sebaliknya apabila nilai panjang interval terlalu besar akan terjadi flutuasi pada FTS (Xihao dan Yimin, 2008). Metode yang digunakan dalam identifikasi nilai interval yaitu *average-based*. Tahap-tahap dalam mengidentifikasi panjang interval berbasis rerata yaitu (Aladag dan Egrioglu, 2012):

1. Menghitung semua selisih absolut nilai  $A_{i+1}$  dan  $A_i$ ,  $i = (1, \dots, n-1)$  untuk memperoleh rata-rata selisih.
2. Selanjutnya menentukan setengah rata-rata selisih yang akan dijadikan panjang interval.
3. Dengan hasil panjang nilai interval, selanjutnya menentukan basis nilai panjang interval berdasarkan Tabel 2.2.

**Tabel 2.2 Tabel pemetaan basis interval**

Rentang	Basis Interval
0.1-1.0	0.1
1.1-10	1
11-100	10
101-1000	100
1001-10000	1000
10001-100000	10000



- Langkah terakhir adalah nilai panjang interval didapat harus dibulatkan berdasarkan baris interval.

## 2.6 Fuzzy Time Series

*Fuzzy Time Series* merupakan teknik peramalan menggunakan data-data masa lampau berdasarkan konsep fuzzy. Proses peramalan dengan konsep model FTS, nilai dipakai merupakan nilai himpunan fuzzy berdasarkan bilangan nyata (real). Berikut penjelasan Fuzzy Time Series (Tsaur et al., 2005):

*Fuzzy Time Series* misalkan  $Y(t)(t = \dots, 0, 1, 2, \dots)$ , merupakan himpunan bagian  $R$ , menjadi himpunan semesta yang himpunan fuzzy  $f(i)(t)(i = 1, 2, 3, \dots)$  yang dijelaskan kemudian dijadikan  $F(t)$  yang terdiri sekumpulan dari  $f(i)(t)(i = 1, 2, 3, \dots)$ . Maka  $F(t)$  diartikan dengan nilai Fuzzy Time Series terhadap  $Y(t)(t = \dots, 0, 1, 2, \dots)$ .

Berdasarkan penjelasan, diartikan  $F(t)$  didefinisikan nilai variable linguistic dan  $f(i)(t)(i = 1, 2, 3, \dots)$  dan dianggap sebagai dari nilai linguistic dari  $F(t)$ , yang nilai  $f(i)(t)(i = 1, 2, 3, \dots)$  dijelaskan sebagai himpunan fuzzy. Didefinisikan bahwa  $F(t)$  merupakan fungsi kurun waktu nilai  $t$  tersebut jika, nilai-nilai dari  $F(t)$  tersebut berbeda dengan waktu berbeda berdasarkan himpunan semesta yang berbeda diwaktu berbeda. Jika nilai  $F(t)$  diakibatkan oleh  $F(t-1)$  maka relasi ini direpresentasikan dengan  $F(t-1) \rightarrow F(t)$  (Chen, 1996).

### 2.6.1 Algoritma Fuzzy Time Series

Peramalan menggunakan FTS maka ditunjukkan dalam tahap-tahap berikut (Chen, 1996) :

- Menghitung nilai himpunan semesta dan nilai panjang interval

Himpunan semesta ( $U$ ) merupakan nilai yang dibuat dengan menggunakan data historis yang akan menentukan data maksimal ( $D_{max}$ ) dan ( $D_{min}$ ). Langkah selanjutnya yaitu dengan menghitung nilai panjang interval berdasarkan metode average-based berdasarkan teori sub bab 2.5.

Langkah selanjutnya menghitung total kelas sub himpunan menggunakan persamaan (2.5) :

$$\text{Jumlah sub himpunan} = (D_{max} - D_{min}) / \text{Panjang Interval} \quad (2.5)$$

Kemudian, langkah membagi himpunan semesta menuju beberapa sub himpunan nilai interval sama. Dan memudahkan dalam menentukan nilai *midpoint* setiap sub himpunan didapatkan.

- Menentukan batas atas dan batas bawah

Langkah selanjutnya adalah membentuk batas bawah dan batas atas himpunan dengan persamaan (2.6) berikut :

$$u_i = [ (D_{min} + ((i - 1) * range), (D_{min} + (i * range))) ] \quad (2.6)$$

### 3. Membentuk himpunan fuzzy

Selanjutnya yaitu menghitung rentang nilai himpunan fuzzy dari sub himpunan dengan berdasarkan banyaknya jumlah variable linguistic, yaitu:

- Nilai minimal merupakan nilai himpunan pertama ( $A_i$ ) yang memiliki nilai keanggotaan = 1
- Nilai maksimal merupakan nilai himpunan terakhir ( $A_n$ ) yang memiliki nilai keanggotaan = n
- Menghitung nilai rentang fuzzy menggunakan persamaan (2.7)

$$Rentang \text{ fuzzy set} = (D_{max} - D_{min}) / (Jumlah \text{ sub Himpunan} - 1) \quad (2.7)$$

Kemudian menentukan himpunan fuzzy berdasarkan dengan rentang nilai yang sudah ditentukan.

### 4. Proses fuzzifikasi

Langkah selanjutnya yaitu mengidentifikasi nilai keanggotaan setiap data yang berdasarkan nilai himpunan fuzzy yang telah dihitung. Kemudian dilakukan fuzzifikasi dengan seleksi nilai derajat keanggotaan tertinggi berdasarkan setiap variabel linguistic yang ada.

### 5. Fuzzy Logical Relationship (FLR)

Jika terbentuk hubungan antar fuzzy  $R(t-1,t)$  selanjutnya,

$$F_{(t)} = F(t - 1) * R(t - 1, t) \quad (2.8)$$

Dimana x adalah sebuah nilai operator, selanjutnya  $F(t)$  yang diakibatkan oleh  $F(t-1)$ .

Relasi  $F(t)$  dan  $F(t-1)$  direpresentasikan dalam persamaan (2.9) berikut

$$F(t - 1) \rightarrow F(t) \quad (2.9)$$

Dengan menggunakan persamaan tersebut,  $F(t-1)$  yang dijelaskan sebagai nilai *left hand size* atau current state, dan  $F(t)$  adalah nilai *right hand size* yang merupakan relasi fuzzy (Xihao dan Yimin,2008).

### 6. Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG)

Dalam menentukan relasi himpunan fuzzy yaitu pada sisi kanan (next state) maka dikelompokkan menjadi suatu relasi. Kelompok relasi didefinisikan sebagai FLRG. Misalnya jika terdapat nilai relasi sebagai berikut :

$$A_i \rightarrow A_{j1}$$

$$A_i \rightarrow A_{j2}$$

$$A_i \rightarrow A_{jn} \quad (2.10)$$

Maka akan dikelompokkan menjadi relasi, sebagai berikut (Xihao dan Yimin, 2008) :

$$A_i \rightarrow A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jn} \quad (2.11)$$

## 7. Proses defuzzifikasi

Langkah defuzzifikasi yaitu menghitung nilai ramalan dengan menghitung rata-rata *next state* pada setiap *current state* berdasarkan hasil FLRG. Selanjutnya dilakukan proses defuzzifikasi berdasarkan aturan-aturan berikut (Xihao dan Yimin, 2008) :

- Current state dari himpunan fuzzy adalah  $A_i$ , sementara FLRG  $A_i$  tidak ada, misalnya  $A_i \rightarrow \#$ , dapat disimpulkan hasil ramalan adalah  $m_i$  yaitu nilai *midpoint* dari  $u_i$

$$\text{forecast} = m_i \quad (2.12)$$

- Current state dari himpunan fuzzy adalah  $A_i$ , sementara FLRG  $A_i$  merupakan relasi *one-to-one*, misalnya  $A_i \rightarrow A_j$ , dapat disimpulkan nilai ramalan adalah  $m_j$  yaitu nilai *midpoint* dari  $u_j$

$$\text{Forecast} = m_j \quad (2.13)$$

- Current state dari himpunan fuzzy adalah  $A_i$ , sementara FLRG  $A_i$  adalah relasi *one-to-many*, misalnya  $A_i \rightarrow A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jn}$  dapat disimpulkan hasil ramalan yaitu rata-rata  $m_{j1}, m_{j2}, \dots, m_{jn}$  dan *midpoint* dari  $u_{j1}, u_{j2}, \dots, u_{jn}$

$$\text{Forecasting} = \frac{\sum_{i=1}^m m_{ji}}{n} \quad (2.14)$$

## 2.7 Nilai evaluasi

Nilai evaluasi merupakan nilai dibentuk untuk mendapatkan tingkat keakuratan yang didapat dari nilai peramalan nilai ramalan dan nilai aktual. Nilai evaluasi umum digunakan yaitu *Root Mean Squared Error* (RMSE). Dengan menggunakan dua model estimasi sebagai contoh, model yang memiliki nilai RMSE yang kecil menunjukkan hasil percobaan yang terbaik. RMSE umum digunakan untuk menghitung nilai *fitness* pada algoritma PSO yang ditunjukkan pada Persamaan 2.15 (Egrioglu, 2012):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x}_i)^2}{n}} \quad (2.15)$$

dimana dijelaskan dalam keterangan berikut :

$x_i$  = nilai data aktual

$\hat{x}_t$  = nilai hasil ramalan

n = total data yang diuji

i = indeks banyaknya data yang digunakan